



普通高等教育实验实训规划教材

电力技术类

# 单元机组 运行实训

谌莉 主编  
姜锡伦 副主编



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>



普通高等教育实验实训规划教材

电力技术类

# 单元机组 运行实训

主 编 谌 莉  
副主编 姜锡伦  
编 写 黎 宾  
主 审 胡景石

李勤刚 黄自昭



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

## 内 容 提 要

本书为普通高等教育实验实训规划教材（电力技术类）。

全书共分五个部分。主要包括机、炉、电各辅助系统及设备的介绍，单元机组的启动，单元机组的正常运行调整项目及调整思路、方法，单元机组的停运准备、操作及保养，单元机组的事故处理等内容。

本书可作为高职高专电力技术类集控运行、电厂热动力装置及相近专业的教材，也可作为中、高级工和电厂运行人员的培训教材。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

单元机组运行实训/谌莉主编. —北京：中国电力出版社，  
2009

普通高等教育实验实训规划教材. 电力技术类  
ISBN 978-7-5083-8147-3

I. 单… II. 谌… III. 单元机组-集中控制-电力系统  
运行-高等学校-教材 IV. TM621.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 190641 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

\*

2009 年 3 月第一版 2009 年 3 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 20.75 印张 503 千字

定价 34.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失  
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

# 前 言

编者曾在电厂工作多年，是电力系统内为数不多的大型火电厂的女值长之一，对电力生产实践有着较为深刻的认识，后从事电力高等职业教学工作，主要讲授单元机组运行及火电厂仿真运行两门课程。编者总结了这两门课程的教学经验及多年在电力系统的从业经验，将这两门课程进行整合，将单元机组运行的理论与火电厂仿真的实训相结合，有效地将理论知识与实际操作糅合，以实际生产过程为依据，以实际生产中对运行人员的培训模式为教学模板，对相关的生产运行过程采用模块化教学。

本书共分为五篇十七章，第一篇为机组各辅助系统介绍，第二篇为单元机组的启动，第三篇为单元机组的正常运行，第四篇为单元机组的停运，第五篇为单元机组的事故处理。另有两个附件为电厂某典型机组的启动操作票。

本书第一、三、五、七、八、十一、十三、十四、十六、十七章由广西电力职业技术学院湛莉编写；第二、十五章及附件由国投钦州发电有限责任公司李勤刚编写；第四章由广西电力职业技术学院黎宾编写；第六、九、十二章由郑州电力高等专科学校姜锡伦编写；第十章由广西电力职业技术学院黄自昭编写。全书由湛莉统稿。

本书由国投钦州发电有限责任公司总经理、高级工程师胡景石同志主审。主审老师对全书进行了认真的审阅，提出了许多宝贵意见，在此表示衷心的感谢！

由于时间仓促，加之编者的水平所限，书中难免存在疏漏和不足之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

2009年1月

## 目 录

前言	
绪论	1
<b>第一篇 机组各主、辅系统介绍</b>	
<b>第一章 汽轮机主要辅助系统</b>	2
第一节 循环水系统	2
第二节 开、闭式水系统	6
第三节 汽轮机油系统	10
第四节 抗燃油系统	15
第五节 凝结水系统	19
第六节 除氧主给水系统	25
第七节 汽轮机轴封系统	44
第八节 凝汽器真空系统	49
第九节 辅助蒸汽系统	51
第十节 旁路系统	53
<b>第二章 锅炉主要辅助系统</b>	56
第一节 锅炉汽水系统	56
第二节 过、再热器减温水系统	61
第三节 锅炉风烟系统	64
第四节 炉前油系统	77
第五节 制粉系统	81
<b>第三章 电气主要系统</b>	95
第一节 电气一次系统	95
第二节 厂用电系统	98
第三节 主要电气一次设备	106
第四节 发电机励磁系统	123
第五节 发电机密封油系统	129
第六节 发电机氢气系统	137
第七节 发电机内冷水系统	144
<b>第四章 操作控制系统</b>	152
第一节 几种主要的控制系统	152
第二节 锅炉炉膛安全监控系统	157
第三节 汽轮机数字电液调节系统	161

## 第二篇 单元机组的启动

第五章 辅助系统的恢复启动	166
第一节 厂用电受电	166
第二节 汽轮机辅助系统的恢复	170
第三节 锅炉辅助系统的恢复	172
第四节 发电机辅助系统的恢复	173
第六章 锅炉的启动	175
第一节 锅炉点火前的检查和准备	175
第二节 汽包锅炉的启动过程(300MW 自然循环汽包炉)	176
第三节 直流锅炉的启动过程(600MW 直流炉)	184
第七章 汽轮机的启动	191
第一节 汽轮机启动前的检查和准备	191
第二节 冷态高中压缸联合启动(以 300MW 机组为例)	192
第三节 冷态中压缸启动	199
第四节 热态启动	201
第八章 发电机的启动	203
第一节 发电机启动前的准备	203
第二节 发电机的并列及带负荷	203

## 第三篇 单元机组的正常运行

第九章 锅炉的正常运行	207
第一节 锅炉负荷及汽压的调整	207
第二节 锅炉燃烧调整	208
第三节 蒸汽温度的调整	211
第四节 汽包水位的调整与控制	214
第十章 汽轮机的正常运行	218
第一节 汽轮机正常运行中的监视	218
第二节 汽轮机正常运行中的维护操作	219
第十一章 发电机的正常运行	222
第一节 发电机的运行监视	222
第二节 发电机的运行维护	223

## 第四篇 单元机组的停运

第十二章 锅炉的停运	226
第一节 滑参数停炉(含汽包炉和直流炉)	226
第二节 紧急停炉	230
第三节 停炉后的保养	233
第十三章 汽轮机的停运	238



第一节	停机前的准备	238
第二节	汽轮机的滑参数停机	238
第三节	紧急停机	242
第十四章	发电机的解列	245

## 第五篇 单元机组的事故处理

第十五章	锅炉的事故处理	248
第一节	事故停炉	248
第二节	汽温异常	250
第三节	汽压异常	252
第四节	汽包水位异常	254
第五节	制粉系统异常	256
第六节	锅炉熄火	262
第七节	锅炉尾部烟道再燃烧	263
第八节	锅炉四管泄漏	264
第十六章	汽轮机的事故处理	267
第一节	事故停机	267
第二节	蒸汽参数异常	269
第三节	汽轮机真空下降	271
第四节	汽轮机油系统、轴承运行异常	273
第五节	汽轮机严重超速	275
第六节	汽轮机振动	276
第七节	给水泵故障	277
第十七章	发电机的事故处理	281
第一节	发一变组异常及事故处理	282
第二节	发电机励磁系统故障	289
第三节	变压器的异常运行及事故处理	292
第四节	厂用电系统事故	295
第五节	发电机氢、水、油系统故障	299
附表 1	某 300MW 机组 (自然循环汽包炉) 冷态滑参数启动操作票	303
附表 2	某 600MW 机组 (直流炉) 冷态滑参数启动操作票	309
	参考文献	322

## 绪 论

自 2002 年以来,我国电力装机容量连续实现 4 亿、5 亿、6 亿、7 亿、8 亿 kW 的标志性跨越。装机容量和发电量已经连续 12 年位列世界第二位。随着我国电力事业的发展和水平的提高,高参数、大容量的火力机组已成为发电的主力机组。

单元机组是相对于母管制机组而言的,是指由一台锅炉配合一台汽轮机、一台发电机和主变压器构成的纵向联系的独立单元。每个单元发出的电直接送入电网,各个单元之间没有大的横向联系(各个单元之间有公共蒸汽系统在机组启停的过程中互为备用)。这种独立单元系统的机组称为单元机组。单元机组的特点是系统相对简单,控制以每个单元为对象,相对独立、集中,但其中任一主机(锅炉、汽轮机、发变组)发生故障时机组将被迫停运。

在单元机组运行过程中,将锅炉、汽轮机、发变组及其连接设备作为一个整体来进行监视和控制。监视的主要内容有机、炉、电的各主要参数和各个辅助系统的参数,控制与调整主要是机组启停过程中的操作、正常运行中的运行调整及事故情况下的运行处理等。

在机组的生产运行过程中,还会有相关的制度来保证机组的安全运行,如两票三制(工作票制度、操作票制度、交接班制度、巡回检查制度、设备定期试验和轮换制度);有关的安全规程及其管理制度;由各生产单位编制的运行规程和相关的技术措施;在事故处理和调查分析过程中相关规定(如事故调查规程、电力系统二十五项反事故措施、四不放过原则等)。

在保证机组安全的前提下,还应尽可能地提高运行的经济性。这是经济社会发展节能降耗的要求,也是发电企业追求利益最大化的需要。因此,做好经济运行也是在单元机组运行过程中需要认真考虑的问题。如何控制好各个参数,保证机组压红线运行,如何在机组运行过程中防止跑、冒、滴、漏以减少各项热损失,如何改变设备的运行方式、提高设备运行的可靠性以保证机组的运行小时数,如何降低发、供电煤耗,降低厂用电率等,都是在单元机组运行过程中能提高机组运行经济性的主要手段。

综上所述,随着国民经济的发展和电力技术的不断提高,对单元机组运行调整在内容和控制手段上也提出了更高的要求。因此,对从事电力生产运行人员的要求也不断提高。本书将以实际生产过程为依据,以实际生产中对运行人员的培训模式为教学模板,对相关的生产运行模块进行翔实的介绍。



## 第一篇 机组各主、辅系统介绍

单元机组是指由一台锅炉配合一台汽轮发电机向外界送电的一个单元,是锅炉、汽轮机、发电机—变压器组纵向联系的独立单元。现代大容量高参数机组一般都采用单元控制方式,一个完整的火力发电机组由锅炉、汽轮机、发电机和数量庞大的辅机、阀门、执行器等辅助设备组成。任何辅助系统的不正常运行都可能造成整个热力系统和热力循环的瘫痪,甚至可能引起主机设备的严重损坏。因此,电厂要运行正常,必须先使其辅助系统正常运行后才能保证电厂的三大主机(汽轮机、锅炉、发电机)正常运行。

### 第一章 汽轮机主要辅助系统

#### 第一节 循环水系统

##### 一、系统概述

循环水系统主要向凝汽器和开式循环水系统提供冷却水,向化学净化站提供原水。每台机组一般设置两台循环水泵、两根循环水进水管和排水管(在循环水泵出口液控蝶阀后,两根管合并为一根排水管),在凝汽器循环冷却水进出口管道上均设有电动蝶阀。循环水系统如图1-1所示。

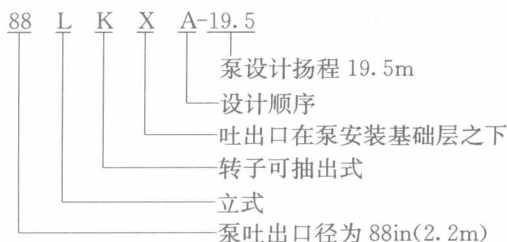
循环水系统主要设备包括循环水泵、循环泵出口液控蝶阀、旋转滤网、旋转滤网冲洗系统、平板滤网、平面钢闸板,还包括循环水管道伸缩节、取排水构筑物、水管沟、虹吸井等。

##### 二、循环水泵的分类及结构

###### (一) 循环水泵的分类

循环水泵一般为湿井式、立式、固定叶片、单级单吸、转子可抽出式斜流泵,立式湿井斜流泵即导叶式混流泵,混流泵的比转速介于离心泵和轴流泵之间,其性能特点如下:①泵的效率高,一般为87%~92%,并且高效区域较宽。②泵的抗汽蚀性能较好。同时,湿井式水槽和喇叭口的吸入形式,吸入流态好。因此泵运行过程中不易出现汽蚀破坏现象。③轴功率曲线比较平缓,不像离心泵那样,轴功率随着流量的增大而不断增大;也不像轴流泵那样,轴功率随着流量的增大而急剧下降。因此,在运行中不易出现因偏移工况而超功率的现象。

长沙水泵厂生产的型号为88LKXA-19.5,其具体参数如下:



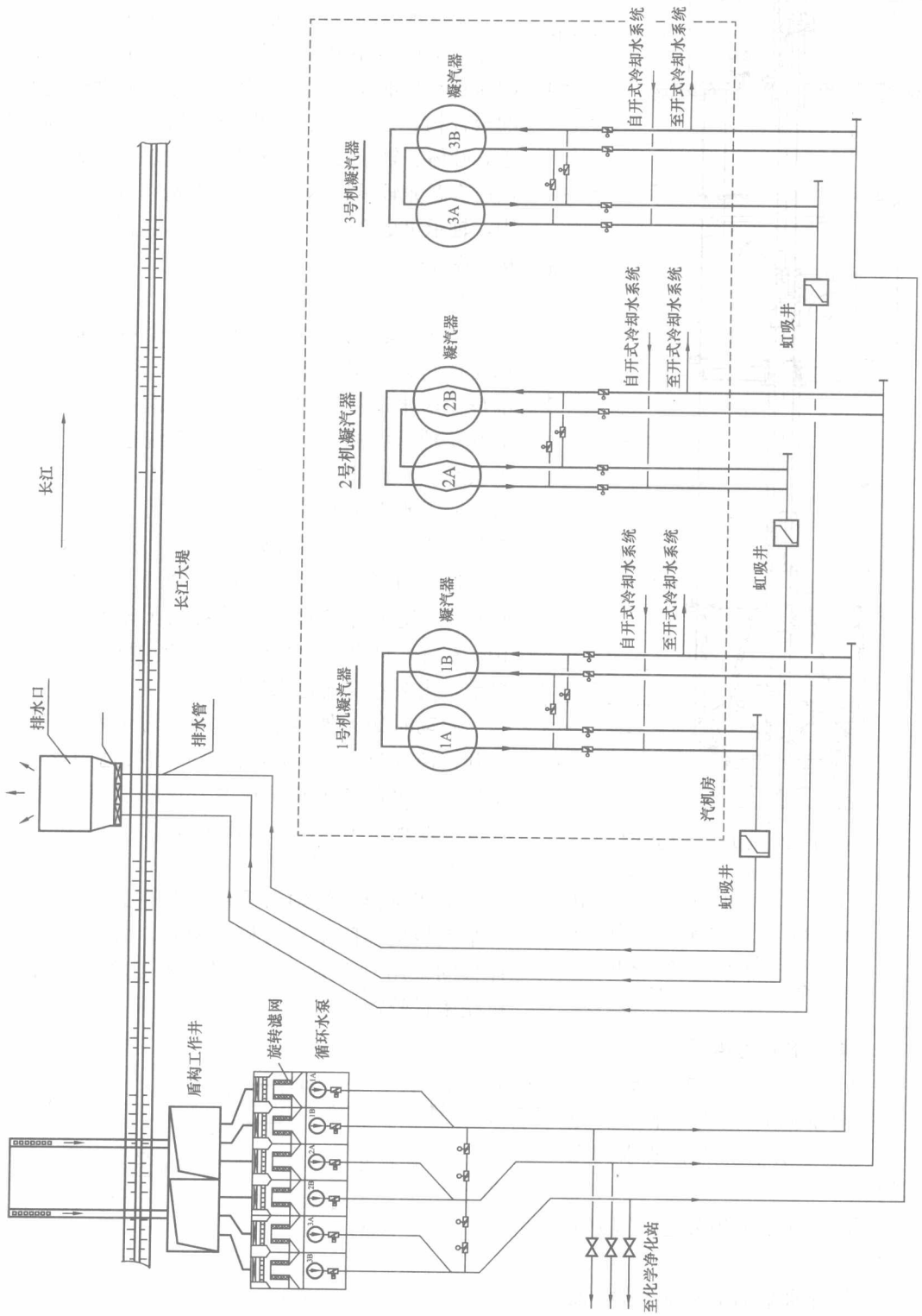


图 1-1 循环水系统图

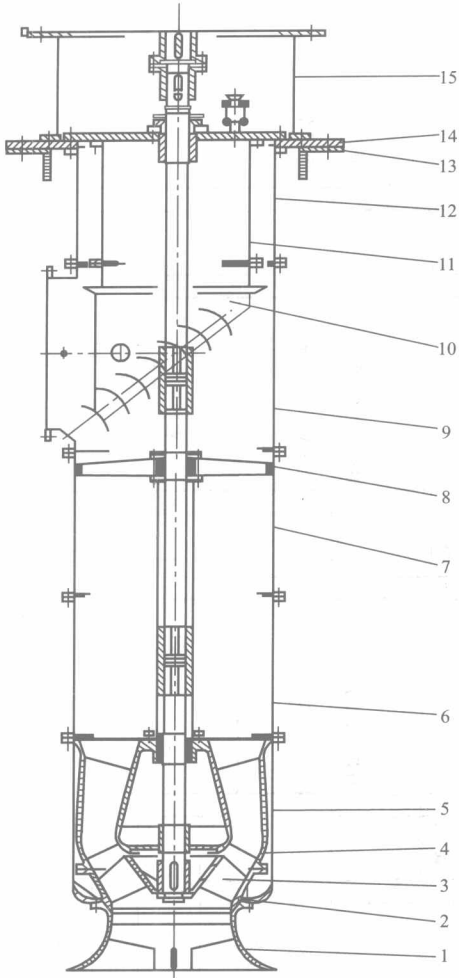


图 1-2 循环水泵的结构

- 1—吸入喇叭口；2—叶轮室；3—叶轮；4—导流体；  
5、6、7、12—(下、中、中、上)外接管；  
8—轴承支架；9—吐出弯管；10—导流片；  
11—导流片接管；13—安装垫板；  
14—泵支撑板；15—电机支座

### 三、循环水泵的运行

#### 1. 循环水系统投运前的准备

(1) 循环水环水系统检修工作结束，关闭循环水系统所有放水门及人孔门。

(2) 做循环水泵相关连锁保护试验合格。

(3) 循环水泵轴承油位正常，轴承冷却水门开启，检查冷却水畅通。

#### (二) 循环水泵的结构

循环水泵的叶轮、轴及导叶为可抽式、固定式叶片，检修时不必放空吸水池。泵轴承采用赛龙(Thordon)轴承(由三次交叉结晶热凝性树脂制造的聚合物，是一种非金属弹性材料)。赛龙轴承装于导叶体、轴承支架及填料函体的轴承部位上，泵内所有赛龙轴承用本身输送水润滑，轴承浸没在水中，轴承可更换，无需外接润滑油。循环水泵的结构如图 1-2 所示。

##### 1. 泵轴承的润滑与冷却

在泵的联轴器以下，装有 3 个赛龙轴承，以承受径向力和保证泵的正常运转。赛龙轴承由泵本身输送水进行润滑，无需外接润滑油，但考虑上赛龙轴承的润滑冷却效果，系统也可配备润滑油系统。泵启动时如有外接水(水压 $\geq 0.28\text{MPa}$ )时，润滑油系统如图 1-3 (a) 所示；泵启动时如无外接水，润滑油系统如图 1-3 (b) 所示。

启动时如有外接水，则将闸阀 1 打开，关闭闸阀 2，先由外接水润滑填料及上轴承，泵启动 10min 后，再将闸阀 2 打开，关闭闸阀 1，切断外接水，由泵本身输送水润滑。

启动时如无外接水，需把润滑油系统的闸阀打开，使其与大气连通，注意填料要适当松一点，泵启动后再调整填料的压紧程度，以有少量的水连续不断地从填料函处冒出为准。

##### 2. 轴承的密封

上赛龙轴承处轴封采用填料密封，泵支撑板与泵安装垫板间采用石棉板密封，泵盖板与泵支撑板间采用 O 形圈密封，其余各处静密封均采用机械密封胶密封。

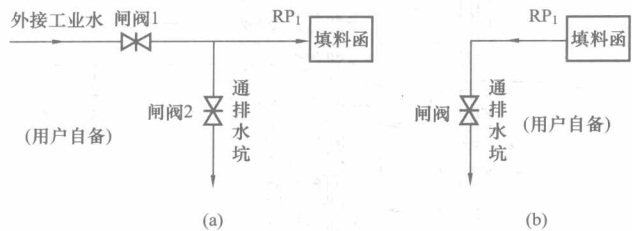


图 1-3 循环水泵的润滑与冷却

(a) 启动时有外接水；(b) 启动时无外接水

(4) 循环水泵出口蝶阀关闭；蝶阀液压站油位  $1/2 \sim 2/3$ ，泄压电磁阀前手动门开启，手动泄压阀关闭。

(5) 凝汽器循环水进、出口门开启。

(6) 凝汽器水室放水门及循环水进、出水管道放水门和二次滤网排污门均关闭。

(7) 凝汽器前、后水室放空气门开启。

(8) 关闭胶球泵进口门、装球室出口门。

(9) 检查循环水至开式水系统及循环水至工业水系统各阀门关闭。

(10) 循环水进水母管注满水并排完空气。

## 2. 循环水泵的启动

(1) 启动第一台循环水泵：按循环水泵启动操作票项目，检查循环水泵密封冷却水电动门、滤水器入口电动门及循环水泵密封冷却水回水电动门开启，循环水母管注满水，手动启动出口蝶阀液压站油泵一次，油压正常后自动停止（首次启动循环水泵前应先手动启动一次油泵，否则油压高、低时油泵不自启停），开启凝汽器循环水进水电动门（凝汽器已注满水），稍开出水门。

(2) 启动循环水泵，出口蝶阀联开，泵出口压力  $0.35\text{MPa}$  左右。检查循环水泵电机、泵体声音、振动、各轴承温度正常，电流正常，凝汽器水室放完空气后关闭。

(3) 第一台循环水泵正常运行后，可按同样的方法启动第二台循环水泵，泵启动后出口蝶阀联开。根据需要投入循环水泵连锁开关。

(4) 检查泵、电机及出口蝶阀液压站工作正常。

(5) 启动循环水泵后超过  $10\text{s}$  而出口蝶阀未打开，自动停泵，否则立即手动停泵。

(6) 任何情况下循环水泵反转时间不能超过  $5\text{min}$ ，水泵在反转情况下严禁启动。

(7) 根据情况投用循环水至开式水系统及循环水至工业水系统。

## 3. 循环水泵正常运行

(1) 将循环水泵开关切至远控。

(2) 确认循环水泵启动条件满足，并将循环水泵出口蝶阀置自动位。

(3) 确认备泵连锁解除，启动循环水泵，检查和确认电流、振动、声音等正常。

(4) 确认循环水泵出口蝶阀自动开启直至全开。

(5) 循环水泵启动正常后，确认出口压力正常。

(6) 视具体情况启动另一台循环水泵运行，保持两台循环水泵流量平衡。

## 4. 正常维护及监视

(1) 循环水泵电机电流正常，电机线圈温度正常。

(2) 循环水泵进水坑水位正常，循环水泵出口压力正常。

(3) 循环水泵各轴承温度、振动正常。

(4) 检查冷却水、润滑水回路畅通，流量充足。

(5) 电机轴承润滑油油位正常。

(6) 循环水泵运行声音正常。

## 5. 循环水泵正常停运

(1) 在两台循环水泵均停运前，先停水室真空泵和开式泵。

(2) 在 LCD 上按“STOP”按钮。

- (3) 确认循环水泵出口阀开始自动关闭。
- (4) 当出口阀开度关至 15% 时, 确认循环水泵停运。
- (5) 确认出口阀全关。

#### 6. 循环水泵运行注意事项

- (1) 观察和测量泵的振动和噪声, 如有异常 (如振动大, 噪声大) 应停泵慎重检查。
- (2) 检查电流强度和泵实际运行工况, 与泵标准性能曲线对照, 如差别不大则认为满意。

(3) 调整填料的压紧程度, 以有少量的水连续不断地从填料函处冒出为准。

(4) 尽可能详细地做好运行日志, 如有故障更要记录完备。

#### 7. 循环水泵紧急停运条件

- (1) 泵或电机发生强烈振动, 保护拒动。
- (2) 泵或电机轴承冒烟或温升超过极限。
- (3) 电机冒烟着火。
- (4) 泵内有明显的摩擦声或异常冲击声。

#### 8. 循环水泵事故停运

(1) 事故停运发生后, 应立即连锁关闭排出阀, 延时 5min, 连锁关闭循环水泵电机冷却水和轴承润滑阀门。

(2) 事故停运发生后, 当立即关闭排出阀时, 排出管路内的压力变幅会极大, 因此, 要充分注意基础和各连接件之间的状态。

## 第二节 开、闭式水系统

### 一、开式水系统

#### (一) 系统概述

开式冷却水系统采用水质较差、流量较大的循环水作为工质, 向捞渣机、闭冷水热交换器、主机润滑油冷却器以及汽室真空泵冷却器等设备提供冷却水, 冷却各设备后排至循环水排水管。

如图 1-4 所示, 开式冷却水由凝汽器循环水 A 路进水蝶阀前母管引接, 经电动滤网供给开式冷却水泵, 升压后分别供给: 两台闭式水热交换器、三台汽侧真空泵冷却器、两台主机润滑油冷却器以及捞渣机冷却用水, 回水接至凝汽器循环水 A 路排水蝶阀后的母管, 随循环水排走。

#### (二) 开式水系统启动

- (1) 启动前系统检查完毕。
- (2) 确认循环水系统已正常运行。
- (3) 确认备用泵连锁退出。
- (4) 确认开式冷却水泵出口电动阀关闭。
- (5) 确认电机轴承油位正常。
- (6) 启动 A (B) 泵, 确认泵出口电动阀连锁开启。
- (7) 运行正常后, 确认电流、泵出口压力正常。

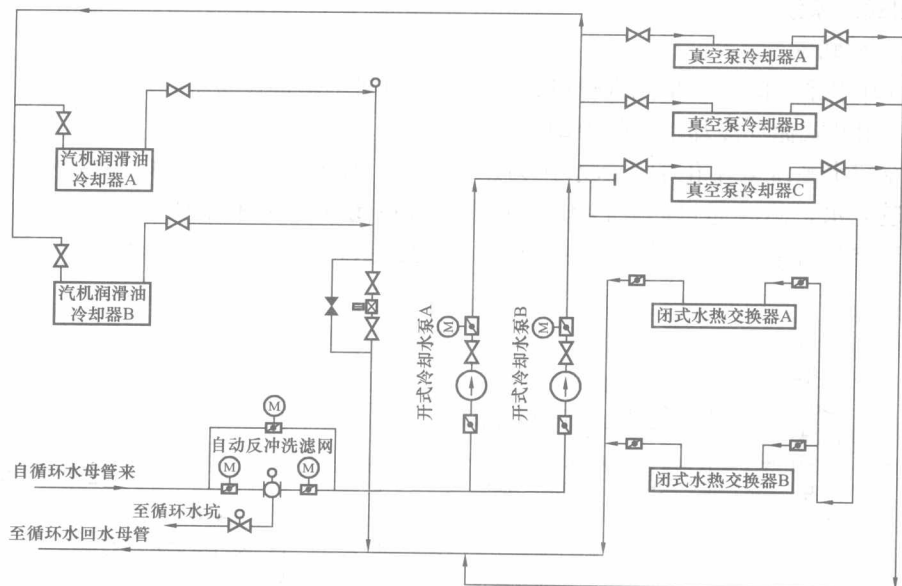


图 1-4 开式冷却水系统流程

(8) 调节泵两侧水封阀控制填料密封水泄漏量 4~6s 一滴。

(9) 检查泵声音、振动、轴承温度等正常。

(10) 系统及泵体无泄漏、甩水。

(11) 备用泵投自动。

### (三) 系统停运

(1) 确认开式冷却水所有用户完全停止后方可停开式冷却水泵。

(2) 备用泵退出连锁。

(3) 停止运行泵，出口阀连锁关闭，电流及压力到零。

(4) 根据需要开启开式冷却水系统管道放水阀，排尽存水。

### (四) 运行中维护

(1) 泵轴承温度与外界温度差值不大于 35℃，轴承部位最高温度不大于 80℃。

(2) 检查泵入口压力、出口压力正常。

(3) 对滤网进行定期清洗、排污工作，非异常情况不得开启滤网旁路门。

(4) 按要求检查维护系统及泵体，进行定期切换。

(5) 开式冷却水母管压力低至设定值时，发出低水压报警，提醒运行人员进行压力调整。

(6) 滤网压差达到高报警时，需及时进行滤网清洗。

### (五) 连锁保护

(1) 电动滤网前后差压高于 10kPa 时，启动反清洗。

(2) 电动滤网前后差压高于 30kPa 时，连锁开启滤网旁路电动阀。

(3) 当开式冷却水泵出口压力小于 0.1MPa 时，报警并自动启动备用开式冷却水泵。

(4) 开式冷却水泵入口滤网差压达 30kPa 时报警。



## 二、闭式水系统

### (一) 系统概述

闭式冷却水系统的作用是向汽轮机、锅炉、发电机的辅助设备提供冷却水，该系统为一闭式回路，用开式循环冷却水进行冷却。

闭式冷却水系统采用化学除盐水作为系统工质，用凝结水输送泵向闭冷水膨胀箱及其系统的管道充水，然后通过闭式冷却水泵升压后在闭式回路中循环；来自凝结水泵的凝结水（位于精处理装置出口母管处的支管）作为该系统正常运行时的补给水。如图 1-5 所示。

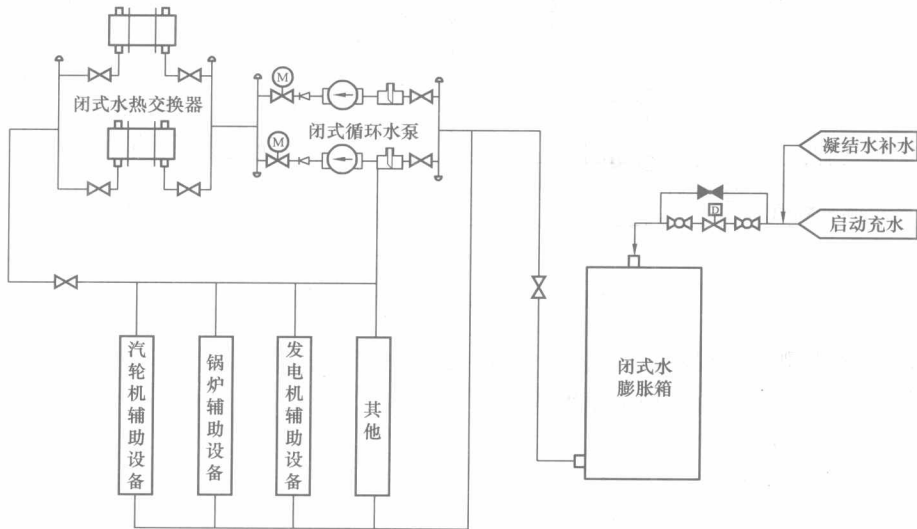


图 1-5 闭式水系统

系统正常运行时，由闭冷水膨胀箱内液位控制开关来控制液位控制阀的开关以维持水箱的正常运行水位。闭冷水膨胀箱还设有无压放水管，以备闭冷水膨胀箱溢流和事故放水用。

闭式冷却水泵出口管道上设有取样接口和加药点，通过取样以及向系统加联胺，以此来调整闭式冷却水系统的 pH 值，改善水质。

闭式循环冷却水先经闭式冷却水泵升压后，至闭式水热交换器，被开式循环冷却水冷却后，流经各冷却设备，然后从冷却设备排出，汇集到闭式循环冷却水回水母管后回至闭式冷却水泵入口。

### (二) 闭式水系统的组成

闭式冷却水系统由两台 100% 容量的闭式冷却水泵、两台闭式水热交换器、一台闭冷水膨胀水箱、滤网及向各冷却设备提供冷却水的供水管道、关断阀、控制阀等组成，见图 1-5。

### (三) 闭式水系统用户

#### 1. 用于汽轮机辅助设备

- (1) 给水泵汽轮机 A 的润滑油冷却器 A、B。
- (2) 给水泵汽轮机 B 的润滑油冷却器 A、B。

- (3) 主机 EH 油冷却器 A、B。
- (4) 电动给水泵电机空冷器 A、B。
- (5) 电动给水泵组润滑油冷却器。
- (6) 电动给水泵组工作油冷却器。
- (7) 电动给水泵、电前泵和汽前泵 A/B 密封冷却器。
- (8) 取样系统冷却器。
- (9) 凝结水泵 A、B。
- (10) 机械真空泵 A、B、C 补水。

#### 2. 用于锅炉辅助设备

- (1) 磨煤机主减速箱冷却水 A、B、C、D。
- (2) 磨煤机润滑油冷却器 A、B、C、D。
- (3) 磨煤机驱动端主轴承冷却水 A、B、C、D。
- (4) 磨煤机非驱动端主轴承冷却水 A、B、C、D。
- (5) 一次风机润滑油冷却器 A、B。
- (6) 送风机润滑油冷却器 A、B。
- (7) 空气预热器润滑油冷却器 A、B。
- (8) 空气预热器减速箱润滑油冷却器 A、B。
- (9) 锅炉启动循环泵冷却水。

#### 3. 用于发电机辅助设备

- (1) 发电机定子冷却器 A、B。
- (2) 发电机定冷水泵轴承冷却水。
- (3) 发电机氢气冷却器 A、B、C、D。

#### 4. 其他用户

柴油发电机冷却水补水。

#### (四) 闭式水系统运行

闭式冷却水泵的启、停在集控室操作，就地控制盘设停泵按钮可以实现对闭式冷却水泵的紧急停运。当一台闭式冷却水泵在运行中发生跳闸时，另一台备用泵连锁自启动，维持系统正常运行。

##### 1. 系统启动

- (1) 启动前系统检查完毕。
- (2) 确认凝结水系统已投运，闭冷水膨胀箱补水至正常水位。
- (3) 任一闭式水热交换器闭式水进出口阀全开。
- (4) 确认出口电动阀关闭，电机轴承油位正常。
- (5) 调节泵两侧水封阀控制填料密封水泄漏量 3~6 滴/s。
- (6) 检查泵组运转声音、振动及轴承温度正常，系统无泄漏。
- (7) 将备用泵投入自动。

##### 2. 系统停止

- (1) 确认闭式冷却水各用户不需冷却水时，才能停止闭式循环水系统。
- (2) 解除备用泵连锁。

- (3) 停止运行泵，出口电动阀联关，电流为零，泵出口压力为零。
- (4) 根据需要开启闭式水管道、闭式水箱或闭式水热交换器水侧放水阀，排尽存水。

### 3. 运行维护

- (1) 泵轴承温度与外界温度差值不大于  $35^{\circ}\text{C}$ ，轴承部位最高温度不大于  $80^{\circ}\text{C}$ 。
- (2) 维持闭冷水膨胀箱水位正常。
- (3) 闭式冷却水泵的出口压力  $0.45\text{MPa}$ 。
- (4) 闭式水热交换器的入口水温不大于  $45^{\circ}\text{C}$ ，出口水温不大于  $38^{\circ}\text{C}$ ，若闭式水出口水温高，则适当调整开式冷却水出口门。
- (5) 滤网差压高时进行清洗。
- (6) 闭式冷却水泵出口母管压力低于  $0.2\text{MPa}$  时，发闭式循环水低水压报警。
- (7) 闭式水热交换器出口水温达到  $38^{\circ}\text{C}$  时，发闭式循环水温度高报警。
- (8) 闭冷水膨胀箱水位异常（高或低）时发报警信号。

### 4. 系统连锁与保护

- (1) 闭冷泵的进口滤网前后压差  $\geq 30\text{kPa}$ （报警）。
- (2) 闭冷泵的出口压力  $\leq 0.2\text{MPa}$ （报警且联启备用泵）。
- (3) 闭冷水膨胀箱水位  $\geq 2000\text{mm}$ （高报警）。
- (4) 闭冷水膨胀箱水位  $\leq 1000\text{mm}$ （低报警）。
- (5) 闭冷水膨胀箱水位  $\leq 100\text{mm}$ （低低报警且连锁跳闭冷泵）。

## 第三节 汽轮机油系统

### 一、润滑油系统

#### （一）系统概述

汽轮发电机组是高速运转的大型机械，其支持轴承和推力轴承需要大量的油来润滑和冷却，因此汽轮机必须配有供油系统用于保证上述装置的正常工作。供油的任何中断，即使是短时间的中断，都将会引起严重的设备损坏。

润滑油系统和调节油系统为两个各自独立的系统，润滑油的工作介质采用透平油。

对于高参数大容量的机组，由于蒸汽参数高，单机容量大，故对油动机开启蒸汽阀门的提升力要求也就大。调节油系统与润滑油系统分开并采用抗燃油以后，就可以提高调节系统的油压，从而使油动机的结构尺寸变小，耗油量减少，油动机活塞的惯性和动作过程中的摩擦变小，从而改善调节系统的工作性能。但由于抗燃油价格昂贵，且具有轻微毒性，而润滑油系统需要很大油量，两个系统独立运行，润滑油采用普通的透平油就可以满足要求。

润滑油系统的主要任务是向汽轮发电机组的各轴承（包括支撑轴承和推力轴承）、盘车装置提供合格的润滑、冷却油。在汽轮机组静止状态，投入顶轴油，在各个轴颈底部建立油膜，托起轴颈，使盘车顺利盘动转子；机组正常运行时，润滑油在轴承中要形成稳定的油膜，以维持转子的良好旋转；同时由于转子的热传导、表面摩擦以及油涡流会产生相当大的热量，需要一部分润滑油来进行换热。另外，润滑油还为低压调节保安油系统、顶轴油系统、发电机密封油系统提供稳定可靠的油源。